

原・石川研究室

今日の不可能を明日の可能に繋げる触媒をつくる

<https://www.hara-ishikawa.msl.iir.isct.ac.jp>



教授
原 亨和
博士（理学）



准教授
石川理史
博士（工学）

It always seems impossible until it's done.

「何事も、成し遂げるまではいつも不可能に見える」

Nelson Rolihlahla Mandela

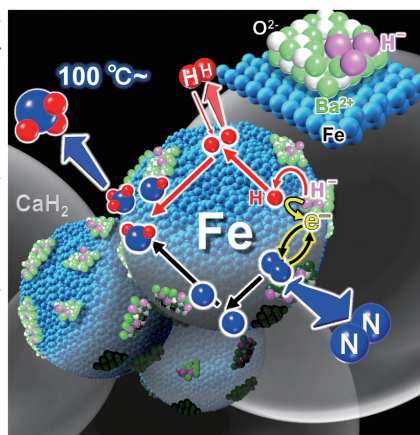
ネルソン マンデラ

私たちが未来に踏みだすには、不可能に思えるブレークスルーを越えることも必要です。私たちのミッションは新たな学理に基づく新材料をベースに触媒を創出し、これまで不可能と考えられてきた革新的なエネルギー・資源生産を実現することにあります。エネルギー・食糧の枯渇・高騰に怯えること無い、多くの人が笑える未来を実現することが私たちの祈りです。

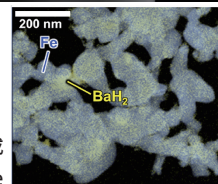
アンモニア合成

アンモニアは現代の食糧生産の根本であり、人類の 70% 以上がアンモニアを肥料とする食糧生産で生き永らえています。アンモニアの高騰が全ての食品の高騰に繋がることは、昨今の食品価格から皆さんも実感できるのではないのでしょうか。このアンモニアは化石資源を燃焼して得た水素を原料にしており、水素を製造するために年間 3% 以上の CO₂ を排出しています。この CO₂ 排出を削減するために、風力発電や太陽光発電といった自然エネルギーで得た水素からアンモニアを製造し、肥料やエネルギーキャリアとして使う「グリーンアンモニア」の研究が進められていますが、大きな障壁に遮られています。それは水素と窒素の反応によってアンモニアを合成する触媒プロセス「ハーバー・ボッシュ法」が 400 °C の高温、10 MPa を上回る圧力を必要とし、大きなエネルギーを消費してしまうことです。このエネルギー消費によって自然エネルギーの多くが失われてしまいます。このようなことから、低温・低圧でアンモニア合成できる触媒が開発されていますが、このような触媒は希少で高価な貴金属 Ru、あるいはある地域の子供の強制就労によって産出されているとの批判が高い Co を使用しています。どこにでもあり、安価で豊富な鉄から低温・低圧でアンモニアを合成できる触媒があれば、すべての問題を解決できますが、これはハーバー・ボッシュ法が始まってから 100 年以上経過した現代でも不可能なことだと考えられていました。

このような背景の下、私たちは無機材料の新たな学理を確立することにより、鉄を低温低圧でアンモニア合成できる触媒にすることに成功しました。この触媒は大気圧、100 °C でもアンモニアを合成できます。この触媒をベースに、50 °C 以下でもアンモニア合成する触媒の開発にも成功しています。どこにでもあり、豊富で安価な鉄をアンモニア合成触媒とする研究は始まったばかりです。



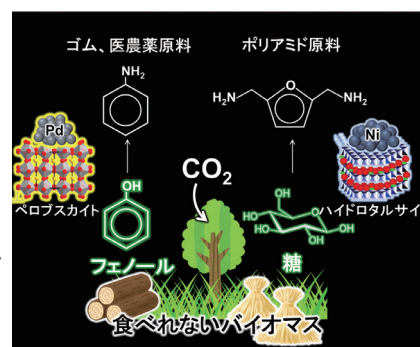
低温アンモニア合成
触媒 BaH₂/Fe



バイオマス変換

私たちは化石資源から不可欠な化成品を製造してきました。しかし、化石資源は有限であり、使用すると CO₂ を排出します。この問題を解決するため、普段私たちが活用していない植物資源から必須化製品を製造する手法「バイオマス変換」が考えられてきました。しかし、従来の科学技術では効率的に植物資源を化成品に変換することができないため、バイオマス変換は机上の空論となっていました。例えば、アニリン（市場規模 110 億ドル）、ポリアミド原料は原理的に未利用植物・農産廃棄物から触媒反応で得られる必須化製品ですが、選択的な触媒がない、あるいはそもそも触媒自体がないため、実用化が断念されてました。

そこで私たちの出番です。ペロブスカイトを始めとした様々な無機酸化物と金属ナノ粒子を複合させる新技術とそこから生まれる新しい学理によって 80 ~ 90% の選択性でバイオマスからアニリン、ポリアミド原料を合成する触媒の創出に成功しました。これはバイオマス利用の新たな切り口となっています。





助教
服部真史
博士（工学）

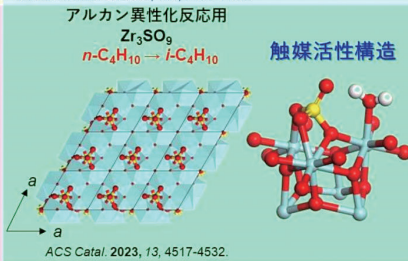
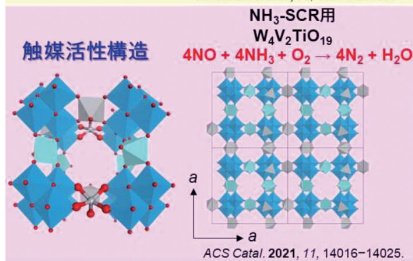
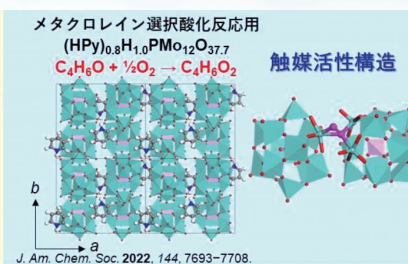
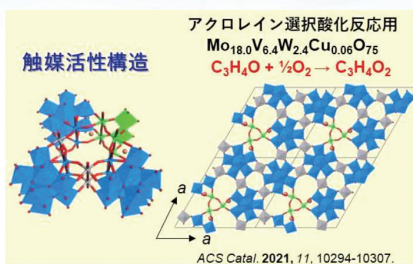


触媒活性サイトの解明

性能向上のため、触媒には様々な構造が複合されます。その結果、触媒の組成・構造が不均質になります。しかし、このような不均質な構造では、触媒作用が「どこで、どのように発現しているか」という触媒活性サイトの情報を得ることができず、活性点の密度を高めた飛躍的高性能の触媒を創出することができません。

触媒活性サイトがクリアに理解されていない最大の要因が組成・構造の不均質性にあることに着目し、私たちは組成・構造が均質かつ高い触媒性能を示す複合酸化物触媒の開発に取り組んできました。触媒現象が構造的に準安定なサイトで生じることを

考慮し、組成・構造が均質な準安定相の複合酸化物、すなわち結晶性準安定複合酸化物を構築することにより、今まで活性サイトが不明であったアクロレイン選択酸化反応、メタクロレイン選択酸化反応、SCR（NO_x 除去反応）、アルカン異性化反応の活性サイトを初めて明らかにすることができました。この手法を適用することによって、様々な活性サイトを解明し、これまで不可能と考えられていた飛躍的に高密度の活性サイトををもつ革新触媒創出へ扉が開きます。



夏草や兵どもが夢の跡



ラフティングの役



蔵王縦走作戦（有志山岳部）

思いっきり研究し、思いっきり遊ぶ

これが私たちの本懐。研究室で研究に没頭するばかりが大学院生活ではありません。機動力を生かして全国各地に出発し、エンターテインメントにどっぷり漬かるのも大きな研究成果を得るためには不可欠です。これまでに体験したことのない世界を約束します。

教授より一言

COVID-19 以来、研究室旅行がおざなりになっていることに憂慮しています。これは研究力の低下に繋がるのではないのでしょうか。以前のように、お伊勢めぐり、蔵王侵攻、白川郷-日本海縦走-本州縦断といったダイナミックな企画を渴望しています。

卒業生の進路

アカデミックポジション、化学・材料系企業はもちろんのこと、エネルギー関連企業、重工関連企業に進む卒業生が多いです。東京工業大学、北海道大学、東北大学、AGC、京セラ、Jパワー、東京ガス、東京電力、ENEOS ホールディング、三菱ケミカル、住友化学、三井化学、旭ケミカルズ、BASF、三菱重工、東芝、パナソニック等々